

Title	研究室の紹介など(ひろば)
Author(s)	三井, 利夫
Citation	物性研究 (1974), 22(6): 591-596
Issue Date	1974-09-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/88837
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

研 究 室 の 紹 介 な ど

阪大基礎工 三 井 利 夫

1. 生物工学教室生物物理研究室

研究室で行なわれていることなどを紹介するようにとのおすゝめで筆をとったが、考えてみると「物性論研究」・「物性研究」へは20年ぶり位の投稿である。御無沙汰していた期間のうちこゝ5年程は上記の研究室に身を置いている。

まず最初に研究室の所属している生物工学教室の構成から述べると、教室はいわば生物学の各階層を貫くような形で6つの研究室からできている。すなわち、森本研（生体高分子学）はヘム蛋白等の分子レベルの研究を行ない、筆者等の研究室（生物物理）は生体膜等の分子集合体を主な研究対象としている。大沢研（分子生物学）は膜と単細胞生物、塚原研（神経生理学）は脳生理、鈴木研（生物情報学）と田村研（生物制御学）は個体レベルの研究を多く行なっている。各研究室に共通しているのは、対象の性質、機能を一段下のレベルでの知識に基づいて理解しようとしていることで、それぞれのレベルでの素子が多体系を形成するときの機能発現の機構の解明ということが問題意識の大半を占めていると言えよう。こういった面でお互いの方法について啓発し合う点が多い。なお基礎工では生物工学教室は情報、制御関係の教室等とともに物理学に属している。

筆者等の研究室は種々のバックグラウンドを持った人の集りである。職員の出身で言えば、物理2、化学1、生物1、高分子1であり、大学院生の出身も生物工学4、基礎工物性2、阪大物理2、京大物理1となっている。研究室発足時にくらべると、お互いの使う言葉なども少しわかりかけてきたところである。

研究室は技術的には小角X線回析法を中心にしている。しかし、電顕、ESR、生化学、電気生理学的方法やまたホログラフィ等の光学的方法も使っている。この方面のX線回析技術の最近の発展について興味をお持ちの方は、例えば解説〔三井、植木：蛋白質核酸酵素 別冊 生体膜実験法（1974年5月P.71）を参照されたい。

今迄に行なわれた主な研究をあげると、浜中の視覚の初期過程と関連したレチナール分子の形態の決定、若林・山口のサルモネラ菌べん毛の構造の研究、中村の筋小胞体のスピンドル法による研究、猪子等の脂質二重層膜の構造の研究などがある。最近の研究の重点を生体膜の構造においている。幸い科研費の交付も内定したので、おいおいよいデータが出るようになるものと思われる。なお以上の他に、ニテラ原形質滴の興奮時の変形の研究とか、神経網の働きについての知見を得る目的で、「いそあわもち」や「うみうし」などの神経節におけるニューロンの興奮パターンをホログラフィ干渉法で観測する試みなども行なっている。こういったことと関連して、バクテリアの培養、いそあわせもちの解剖から、視細胞の膜系の研究のため蛙から目玉をとること、筋小胞体の研究のため兎を殺すことなどまで、筆者にとって全く未経験のこともいろいろと行なわれている。

生物の分野で物事を多少とも基本から理解しようとする、わからないことが非常に多い。1つのデータを見る毎に沢山の疑問にとり囲まれる思いである。事態は或いは「物性論研究」発刊頃の物性よりも混沌としているかも知れない。こういった中で少しでも問題を整理して研究の方向づけをしようとする、実験家でも理論じみた研究をしなくてはならないこととなり、生体膜の興奮に関する理論的研究なども行なっている。

このような分野で研究していると、物性の専門の方に解決していただけたらと思うような問題に出あうことも度々ある。例えば、神経膜等を電氣的コンデンサーとしてそこで発生する雑音を観測すると、低周波側にいわゆる $1/f$ ノイズが強く発生する。この種の雑音は、半導体、電解質溶液等でも、一般に電流に関与する荷電粒子の数の少ない時に現れる現象のようであるが、そういった比較的単純な系での $1/f$ ノイズの本質がもう少しよくわかれば、雑音解析から生体膜のチャネル系の動的性質についてもより深い理解が得られるようになるかと思われる。他の例としては、水中の脂質二重層は適当な条件下で規則正しい間隔で並んでいわゆるラメラ相を形成するが、或る条件下では隣り合った膜の間隔が数百Åにおよぶ構造が現われる。水をとおして膜間にこのような長距離力の働くことの原因はそれ程よくはわかっていないようである。また生体膜の興奮と関連しても多くの問題がある。これらについては、もう少し整理した後、次節のような形で御教示をあおぐこととなるかもしれない。

2. わからないことなど

「物性研究」を理論家と実験家との交流の場にとのお考えのある由であるが、実験家が日頃疑問に思っていることについて質問をよせ、理論家がそれに答えるといった欄をもうけることなど如何であろうか、生物関係でもそのような欄があれば便利かと思われる。以下実験的にそのような質問を行なってみる、これらは昔勉強した臨界現象に関するものである。

規則不規則型の強誘電体を念頭におき、格子定数 a の立体格子の各格子点に反転可能な電気双極子を置いたモデルを考える。各双極子は z 軸に平行か反平行かの2つの状態しかとれないものとし、 j 番目の双極子のそういった状態を $\sigma_j = \pm 1$ で表わす、また、双極子の能率を μ 、結晶の体積を V とする。

臨界揺動の最も簡単な理論は Landau 理論あるいは random phase 近似ということになっているようであるが、周知のように、Landau 理論は秩序変数の密度（いま考えている系に対しては電気分極密度）を導入することから始まる。すなわち、結晶中に $a^3 \ll v \ll V$ なる小体積 v を考え、 v の中心位置を \mathbf{r} とし、各時刻での v の持つ双極子能率を M とおいて、電気分極度 $p(\mathbf{r})$ を $p(\mathbf{r}) \equiv M/v$ と定義する、しかしながら、ゆらぎを問題にする限り、 M/v は強く v に依存する量であり、 $a \ll v \ll V$ の範囲内のどこかで停留値をとるといった性格もない。（ゆらぎと関連して v 依存のない量として最も普通にとられるのは $\langle M^2 \rangle / v$ である）。このような人為的な量 $P(\mathbf{r})$ に基づく理論をどのように評価するのが正当なのであろうか、これが第1の質問である。

v を a^3 に等しくした場合 $p(\mathbf{r})$ は $\mu \sigma_j / a^3$ となり明確な意味を持つ。このような $p(\mathbf{r})$ 従って σ_j の分布を1次元的に描けば、例えば図1の如くなるのであろう、このような $p(\mathbf{r}_j)$ を

$$p(\mathbf{r}_j) = \frac{1}{v} \sum p(\mathbf{k}) \exp(i \mathbf{k} \mathbf{r}_j) \quad (1)$$

と Fourier 成分（以下簡単のため $p(\mathbf{k})$ と書く）に分解して、各 $p(\mathbf{k})$ 間に相互作用が無いと仮定するのが random phase 近似と理解している、しかしながら、当然のことであるが、格子振動の場合と異なり、いま考えている系では $p(\mathbf{k})$ に対応した固有状態は存在せず、 $|p(\mathbf{r}_j)| = \mu / a^3$ つまり $|\sigma_j| = 1$ とするためには $p(\mathbf{k})$ 間に或る相互制約

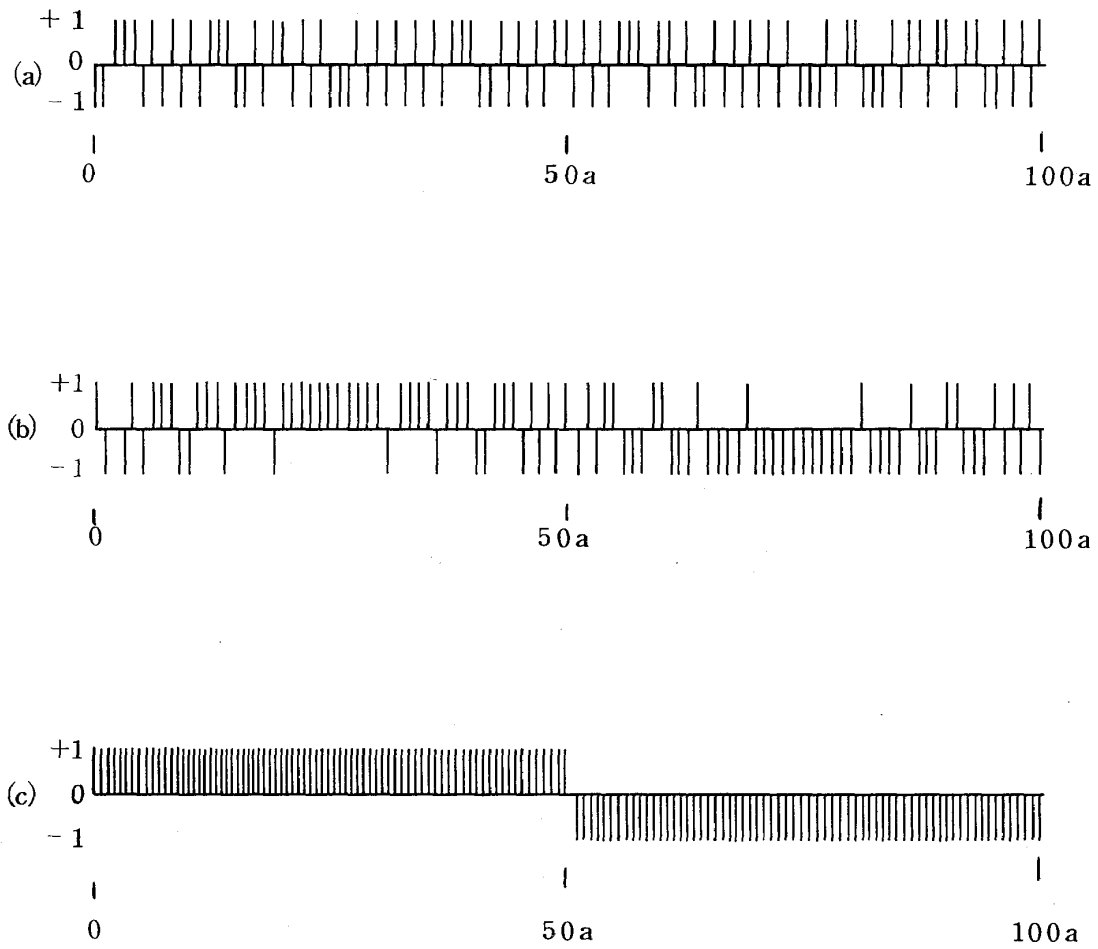


図1 ゆらぎに対応した σ_j の分布各縦棒は σ_j を示す，説明は本文

(つまり相互作用)が無くてはならない。これについては多くの議論があるようであるが、図1のように具体的なパターンを描いてみると、こういったデジタル変数のつくるパターンを合成する際の Fourier 成分の振巾、位相に対する相互制約はかなり強いものであるという印象をうける。多くの実験家が random phase 近似による説明についてゆけないような感じを持つのは何時も脳裏にこのような図があるからと言えよう。

図の(a)は σ_j の配向にあまり相関の無い場合のパターンを示す。(b)は波長100 a位のサイン的ゆらぎを示したつもりで、Landau理論の“モード”はこのようなものかと思われる。明らかに短波長 $p(k)$ の寄与無しにはこのパターンは作れない。(c)は階段関数的ゆらぎで、このパターンは比較的長波長成分だけで作れる。これらの図はまた、Ising モデルでは長波長 $p(k)$ の振巾の増大が短波長 $p(k)$ の振幅の減少をもたらすこと、いわば長波長成分は短波長成分をつくって成長することを suggest している。臨界点では短波長 $p(k)$ がどの程度に生き残り、その振幅がどのような値に近づくものなのかも教えていただけたらと思うことの1つである。

臨界現象の理論は難しくわからないことが多いが、特に気になることは $p(k)$ 間の相互作用が $|\sigma_j|=1$ なるいわば幾何学的制約に由来するものだけなのか、或いは何等かの物理的実体と関係した別種の(上記の制約と間接的にも無関係な)成分を含むものなのか、含むとすればそれぞれにどの程度の大きさなのか、ということである。こういった相互作用の大きさを評価する実験家むきの(つまり現象の実体に則した比較的簡単)計算法はないものであろうか。これらについても御教示いただければ幸いである。

上述のような考察は NaNO_2 のサイン相の問題とも関連している。この場合は波長8a~10a位の波が問題となるが、Yamada et alは(b)に近いモデルを、Tanisakiは(c)のようなモデルを提案している。X線回折で高調波に対応した衛星反射は観測されていないが、Bragg 反射は平均構造を反映するものであるから、この事実は(c)のような階段関数の周期が場所によって変動していると仮定しても説明でき、どの場所でも(b)型のパターンが存在するというモデルを必ずしも支持するものではない。この場合も、結局は、この相で短波長 $p(k)$ がどの程度に生き残っているかということがどちらのモデルが真実に近いかをきめることになるであろう。

図1で $\sigma_j = -1$ に対応する線をすべて消し、また横軸を時間とすると、神経細胞の軸

三井利夫

系を通るインパルス列の図に似てくる。このことから了解されるように、 σ_j のようなデジタルな変数を $p(k)$ のようなアナログ的変数で置きかえて議論する際の近似度の問題は神経回路網の理論とも関連している。